

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 2000-030065
(43)Date of publication of application : 28.01.2000

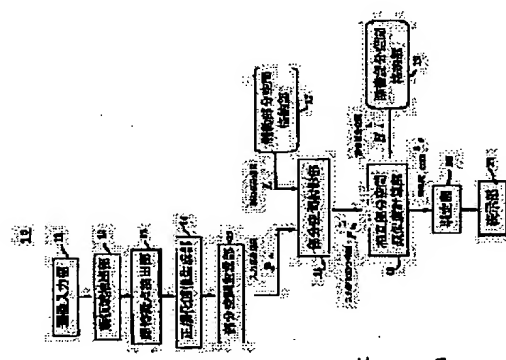
(51)Int.Cl. G06T 7/00
G06T 1/00

(21)Application number : 10-199128 (71)Applicant : TOSHIBA CORP
(22)Date of filing : 14.07.1998 (72)Inventor : FUKUI KAZUHIRO
YAMAGUCHI OSAMU
SUZUKI KAORU
MAEDA KENICHI

(54) PATTERN RECOGNIZING DEVICE AND ITS METHOD

(57)Abstract:
PROBLEM TO BE SOLVED: To provide a stable pattern recognizing device by which influence of fluctuating components is minimized by removing unnecessary pattern fluctuation for personal identification.

SOLUTION: The pattern recognizing device is constituted of an image input part 11, a face area extracting part 12, a feature point of face extracting part 13, a normalized image generating part 14, a partial space generating part 15, a restricted partial space storage part 16, a dictionary partial space storage part 17, a partial space projecting part 18, a mutual partial space calculating part 19, a judging part 20 and a display part 21, an inputted partial space is calculated from an inputted pattern, a dictionary partial space is calculated from a dictionary pattern, a restricted partial space is calculated from a restricting condition, the inputted partial space and the dictionary partial space are projected on the restricted partial space and the inputted pattern is discriminated from the dictionary pattern from the projected inputted partial space and the dictionary partial space.



(12)公開特許公報 (A)

(19) 日本国特許庁 (JP) (11) 特許出願公開番号
特開 2000-30065
(P 2000-30065A)
(43) 公開日 平成12年1月28日 (2000.1.28)

(51) Int. Cl. 7 F I
G 0 6 T 7/00 G 0 6 F 15/70 4 6 0 Z 58043
1/00 15/62 3 8 0 58057
4 6 5 K 5L096

審査請求 未請求 請求項の数 7 O L (全 13 頁)

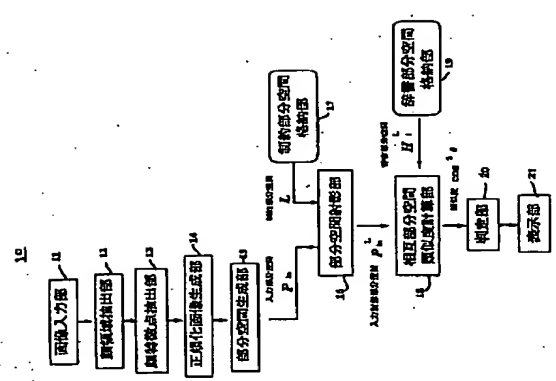
(21) 出願番号 特願平10-199128 (71) 出願人 000003078
株式会社東芝
神奈川県川崎市幸区堀川町72番地
(22) 出願日 平成10年7月14日 (1998.7.14) (72) 発明者 福井 和広
兵庫県神戸市東灘区本山南町6-6-26 株
式会社東芝関西研究所内
(72) 発明者 山口 修
兵庫県神戸市東灘区本山南町8-6-26 株
式会社東芝関西研究所内
(74) 代理人 100059225
弁理士 高田 璋子 (外1名)

(54) 【発明の名称】 パターン認識装置及びその方法

(57) 【要約】

【課題】 個人識別に不必要なパターン変化を取り除くことにより、これらの変動成分の影響を最小限に抑えた安定なパターン認識装置を提供する。

【解決手段】 画像入力部 11、領域抽出部 12、顔特徴点抽出部 13、正規化画像生成部 14、部分空間生成部 15、制約部分空間格納部 16、辞書部分空間格納部 17、部分空間射影部 18、相互部分空間計算部 19、判定部 20、表示部 21 からなり、入力パターンから入力部分空間を算出し、辞書パターンから辞書部分空間を算出し、制約条件から制約部分空間を算出し、入力部分空間と辞書部分空間を、制約部分空間に射影し、これらから入力パターンと辞書パターンとを識別する。



【特許請求の範囲】

【請求項1】認識したい対象の入力パターンを入力する入力手段と、

前記入カ手段の入力パターンから入力部分空間を算出する入力部分空間算出手段と、

前記対象に関する辞書パターンから辞書部分空間を算出する辞書部分空間算出手段と、

前記部分空間において不要なパターンの条件を抑制するための制約条件から制約部分空間を算出する制約条件算出手段と、

前記入カ部分空間算出手段の入力部分空間と、前記辞書部分空間算出手段の辞書部分空間を、前記制約条件算出手段の制約部分空間に射影する射影手段と、

前記射影手段によって射影された制約部分空間内の入力部分空間と辞書部分空間とから、前記対象を識別する識別手段を具備したことを特徴とするパターン認識装置。

【請求項2】前記識別手段は、前記入カ部分空間における入力機能における入力カパターンから入力部分空間を算出する入力部分空間算出手段と、

前記対象に関する辞書パターンから辞書部分空間を算出する辞書部分空間算出手段と、

前記入カ機能における入力カパターンから入力部分空間を算出する入力部分空間算出手段と、

前記対象に関する辞書パターンから辞書部分空間を算出する辞書部分空間算出手段と、

前記入カ機能における入力カパターンから入力部分空間を算出する入力部分空間算出手段と、

前記対象に関する辞書パターンから辞書部分空間を算出する辞書部分空間算出手段と、

前記入カ機能における入力カパターンから入力部分空間を算出する入力部分空間算出手段と、

前記対象に関する辞書パターンから辞書部分空間を算出する辞書部分空間算出手段と、

前記入カ機能における入力カパターンから入力部分空間を算出する入力部分空間算出手段と、

前記対象に関する辞書パターンから辞書部分空間を算出する辞書部分空間算出手段と、

前記入カ機能における入力カパターンから入力部分空間を算出する入力部分空間算出手段と、

前記対象に関する辞書パターンから辞書部分空間を算出する辞書部分空間算出手段と、

前記入カ機能における入力カパターンから入力部分空間を算出する入力部分空間算出手段と、

前記対象に関する辞書パターンから辞書部分空間を算出する辞書部分空間算出手段と、

前記入カ機能における入力カパターンから入力部分空間を算出する入力部分空間算出手段と、

前記対象に関する辞書パターンから辞書部分空間を算出する辞書部分空間算出手段と、

前記入カ機能における入力カパターンから入力部分空間を算出する入力部分空間算出手段と、

図を算出する入力部分空間算出手段と、

前記対象に関する辞書パターンから辞書部分空間を算出する辞書部分空間算出手段と、

前記部分空間において不要なパターンの条件を抑制するための制約条件から制約部分空間を算出する制約条件算出手段と、

前記入カ部分空間算出手段の入力部分空間と、前記辞書部分空間算出手段の辞書部分空間を、前記制約条件算出手段の制約部分空間に射影する射影手段と、

前記射影手段によって射影された制約部分空間内の入力部分空間と辞書部分空間とから、前記対象を識別する識別手段を具備したことを特徴とするパターン認識装置。

【請求項7】認識したい対象の入力パターンを入力する入力機能と、

前記入カ機能における入力カパターンから入力部分空間を算出する入力部分空間算出手段と、

前記対象に関する辞書パターンから辞書部分空間を算出する辞書部分空間算出手段と、

前記入カ機能における入力カパターンから入力部分空間を算出する入力部分空間算出手段と、

前記対象に関する辞書パターンから辞書部分空間を算出する辞書部分空間算出手段と、

前記入カ機能における入力カパターンから入力部分空間を算出する入力部分空間算出手段と、

前記対象に関する辞書パターンから辞書部分空間を算出する辞書部分空間算出手段と、

前記入カ機能における入力カパターンから入力部分空間を算出する入力部分空間算出手段と、

前記対象に関する辞書パターンから辞書部分空間を算出する辞書部分空間算出手段と、

前記入カ機能における入力カパターンから入力部分空間を算出する入力部分空間算出手段と、

前記対象に関する辞書パターンから辞書部分空間を算出する辞書部分空間算出手段と、

前記入カ機能における入力カパターンから入力部分空間を算出する入力部分空間算出手段と、

前記対象に関する辞書パターンから辞書部分空間を算出する辞書部分空間算出手段と、

前記入カ機能における入力カパターンから入力部分空間を算出する入力部分空間算出手段と、

前記対象に関する辞書パターンから辞書部分空間を算出する辞書部分空間算出手段と、

前記入カ機能における入力カパターンから入力部分空間を算出する入力部分空間算出手段と、

前記対象に関する辞書パターンから辞書部分空間を算出する辞書部分空間算出手段と、

前記入カ機能における入力カパターンから入力部分空間を算出する入力部分空間算出手段と、

前記対象に関する辞書パターンから辞書部分空間を算出する辞書部分空間算出手段と、

生成し、予め登録されている対象人物の特徴ベクトルの類似度を計算する方法である。最も類似度が高い辞書ベクトルを算出する。これは「構造解析的方法」に分類される。

【0006】第2の方法は、直、鼻などの特徴点を基盤とした2次元affine変換などの幾何学変換により位置、サイズを正規化された画像と予め登録されている辞書正規化画像とのパターンの類似度に基づいた方法である。

第1の方法と同様に最も類似度が高い辞書画像を算出する。これは従来からの文字認識で実用化されている方法で「パターンの方法」に分類できる。

【0007】そして、文蔵（赤松茂「コンピュータによる顔の認識の研究動向」、電子情報通信学会誌vol.80）によると、第1の方法に比べて第2の方法が識別率が高いことが報告されている。

【0008】第2の方法であるパターンの方法の代表である部分空間法は、これまで文字認識等で幅広く用いられてきた。入力ベクトルと各辞書部分空間との角度を類似度として求め、最小角度を成す部分空間に対応するカテゴリを入力ベクトルのカテゴリと決定する。単純な相関法などに比べて辞書側に冗長性を持たせているためバ

【0009】さらにパターン変換に対する吸収能力を高めるために「相互部分空間法」(前田賢一、藤田貞一、「局所的構造的な相互部分空間法」(前田賢一、藤田貞一、"局所的構造的な相互部分空間法" 産業図書 (1986年)) などにより、

【0010】「相互部分空間法」(前田賢一、藤田貞一、"局所的構造的な相互部分空間法" 産業図書 (1986年)) などにより、

【0011】「相互部分空間法」(前田賢一、藤田貞一、"局所的構造的な相互部分空間法" 産業図書 (1986年)) などにより、

【0012】「相互部分空間法」(前田賢一、藤田貞一、"局所的構造的な相互部分空間法" 産業図書 (1986年)) などにより、

【0013】「相互部分空間法」(前田賢一、藤田貞一、"局所的構造的な相互部分空間法" 産業図書 (1986年)) などにより、

【0014】「相互部分空間法」(前田賢一、藤田貞一、"局所的構造的な相互部分空間法" 産業図書 (1986年)) などにより、

【0015】「相互部分空間法」(前田賢一、藤田貞一、"局所的構造的な相互部分空間法" 産業図書 (1986年)) などにより、

【0016】「相互部分空間法」(前田賢一、藤田貞一、"局所的構造的な相互部分空間法" 産業図書 (1986年)) などにより、

【0017】「相互部分空間法」(前田賢一、藤田貞一、"局所的構造的な相互部分空間法" 産業図書 (1986年)) などにより、

【0018】「相互部分空間法」(前田賢一、藤田貞一、"局所的構造的な相互部分空間法" 産業図書 (1986年)) などにより、

【0019】「相互部分空間法」(前田賢一、藤田貞一、"局所的構造的な相互部分空間法" 産業図書 (1986年)) などにより、

【0020】「相互部分空間法」(前田賢一、藤田貞一、"局所的構造的な相互部分空間法" 産業図書 (1986年)) などにより、

なお、電子出願書式の関係で、イメージ入力する以外の箇所では部分空間を算出する算式はP、QはQ、DはD、HはHで表す。

入力部分空間 P に対する射影行列を P、辞書部分空間 Q の射影行列を Q とすると、部分空間 P と Q との成す角度 θ の $\cos^2 \theta$ は、 $Q^T P Q$ の固有値である。

$$\cos^2 \theta = \frac{\sup_{\|u\|=1, \|v\|=1} |(u, v)|^2}{\|u\|^2 \|v\|^2} \quad (1)$$

入力部分空間 P に対する射影行列を P、辞書部分空間 Q の射影行列を Q とすると、部分空間 P と Q との成す角度 θ の $\cos^2 \theta$ は、 $Q^T P Q$ の固有値である。

この固有値問題は、次元数の小さい固有値問題に置き換えられる。QPQの固有ベクトルを $v \in Q$ 、 ϕ, ψ を各部分空間P,Qにおける基底ベクトルとすると、以下の式が成り立つ。

$$(4) \quad P = \sum_{m=1}^M < \phi_m, \phi_m >$$

$$(2) \quad Q = \sum_{n=1}^N < \psi_n, \psi_n >$$

QPQの固有値問題は以下の式で表される。

$$(3) \quad QPQv = \lambda v$$

ここで、 $v \in Q$ なので、

$$(1) \quad v = \sum_{k=1}^N c_k \psi_k$$

と表現できる。式(4)の左辺は、式(5)を代入して、

$$(6) \quad \lambda v = \sum_{k=1}^N \lambda c_k \psi_k$$

となる。一方、右辺は、式(2),(3)を代入して、

$$(7) \quad QPQv = \sum_{k=1}^N \sum_{l=1}^M \sum_{m=1}^M < \psi_l, \psi_l > < \phi_m, \phi_m > < \psi_m, \psi_n > c_n \psi_n$$

となる。

[0015] さらに計算の順序を変えて整理すると、*

$$(8) \quad = \sum_{k=1}^N \sum_{m=1}^M \sum_{n=1}^M < \psi_k, \phi_m > < \phi_m, \psi_n > c_n \psi_n$$

となる。式(6)と式(8)の同じ ψ_k について見ると、

$$(9) \quad \lambda c_k = \sum_{m=1}^M \sum_{n=1}^M < \psi_k, \phi_m > < \phi_m, \psi_n > c_n$$

が成立する。ここで、

$$(10) \quad c' = (c_1, c_2, \dots, c_N)$$

$$(11) \quad X = (x_{ij})$$

$$(12) \quad x_{ij} = \sum_{m=1}^M < \psi_i, \phi_m > < \phi_m, \psi_n >$$

と置くと、式(9)は、

$$(13) \quad \lambda c = Xc$$

という行列Xの固有値問題となる。

θ が θ_1 となる。

[0016] Xの最大固有値が求める最小角度 θ_1 のc 50 [0017] 第2固有値は、最大角に直交する方向に計

った角度の $\cos^2 \theta_2$ 、以下同様)にN個の $\cos^2 \theta$ が順次求まる。

[0018] これらのN個の角度 θ は、2つの部分空間が成す“正交角”として知られている。正交角については、文献 [F. chatelin, “行列の固有値”, 伊理正夫、伊理由美訳、シュプリンガー・フェアラーク東京、1993年] などに詳しい。

[0019] 相互部分空間法は、入力側も辞彙側と同様に部分空間で表現するために、パターン変形に対する収収能力が非常に高い。入力部分空間は、入力される複数の画像セグメントに対してKL展開により求める。あるいは、同時反復法を用いて、動画像から逐次生成することも可能である。

[0020] [発明が解決しようとする課題] ところで、画像を用いた顔認識法の識別性能は、以下に挙げる変動の影響を受け易い。

[0021] 1. 顔向き、表情変化の影響

2. 照明変動の影響

3. 経年変化の影響 (しわ、髪、顔などの影響)

すなわち、顔認識法の識別性能は、これら3つの課題を解決することが重要である。

[0022] (課題1) 課題1については、顔の動画像系列に対して相互部分空間法を適用すれば、その影響を低減できることが確認されている [山口修、福井和広、前田賢一、“動画像を用いた顔認識システム”, 信学技報, P9097-50, pp.17-24, 1997]。

[0023] しかしながら、残りの課題2, 3に関しては依然として解決されているとは言えない。

[0024] (課題2) 課題2の照明変動に関しては、3次元物体である顔の認識は、平面上に書かれている文字の認識に比較してその影響をより受け易い。顔の側面から外光が照射されて影やハイライトが生じている場合、人は容易に同一人物として認識できるが計算機には正しく認識することが難しい。

[0025] 高いパターン変形収収能力を持つ相互部分空間法であるが、照明変動の影響に対するロバスト性は改善されていない。これは相互部分空間法において求める角度 θ 、つまり角度を計る2つのベクトル u, v の間に係に制約が課せられていないからだと考える。さらに見方を変えるとベクトル u, v の差分ベクトルに制約が課せられていない事になる。

[0026] したがって、相互部分空間法を照明変動を含んだ画像に対して適用すると、最小角度 θ を成す2つのベクトルの差分ベクトルには照明変動成分が含まれる。異なる人物に対して、照明変動成分を含むことで実際よりも最小角度が小さくなり、逆に同一人物であるにも拘らず最小角度が大きくなり、異なる人物と識別されてしまう。

[0027] (課題3) 課題3の経年変化によ

る識別性能の低下も同様である。この場合には、差分ベクトルに経年変化による顔などのパターン変動が含まれるために、認識性能が低下してしまう。

[0028] これらの変動に対する不安定さの原因は、照明位置や顔向きなどの変化によって生じる照明変動や経年変化によるパターン変動成分も含めて識別を行っている事に起因する。如何に、これらの識別に必要なパターン変化を取り除くかが解決すべき課題である。

[0029] (本発明の目的) 本発明は、上記のような点に鑑みられたもので、パターン情報を収集する際に混入する識別に不必要なパターン変動成分を効率良く取り除いて、安定なパターン認識法及びその方法を提供することを目的とする。

[0030] 特に顔画像認識に適用した場合には、照明変動成分を効率良く取り除いて安定な顔認識を実現する。

[0031]

[課題を解決するための手段] 請求項1の発明は、認識したい対象の入力パターンを入力する入力手段と、前記入力手段の入力パターンから入力部分空間を算出する入力部分空間算出手段と、前記対象に関する辞彙パターンから辞彙部分空間を算出する辞彙部分空間算出手段と、パターン認識において不要なパターンの条件を抑制するための制約条件から制約部分空間を算出する制約条件算出手段と、前記入力部分空間算出手段の入力部分空間と、前記辞彙部分空間算出手段の辞彙部分空間と、前記制約部分空間算出手段の制約部分空間とを、前記制約条件算出手段の制約部分空間に射影する射影手段、制約条件算出手段の制約部分空間と射影された制約部分空間との入力部分空間と辞彙部分空間とから、前記対象を識別する識別手段を具備したことを特徴とするパターン認識装置である。

[0032] 請求項2の発明は、前記識別手段は、前記射影手段によって射影された制約部分空間内の入力部分空間と辞彙部分空間との成す角度である正交角を計算し、この計算した正交角に基づいて、前記入力部分空間と前記辞彙部分空間との類似度を計算することを特徴とする請求項1記載のパターン認識装置である。

[0033] 請求項3の発明は、前記制約条件算出手段は、パターン認識において不要なパターンの条件を発生させる要因の影響下において算出された複数の第1部分空間から求める差分部分空間の集合から、前記要因の影響を除いた第2部分空間を生成し、この生成した第2部分空間を前記制約部分空間とすることを特徴とする請求項1記載のパターン認識装置である。

[0034] 請求項4の発明は、前記制約条件算出手段は、前記対象に関する部分空間内の自己変動を数値化する自己変動部分空間の集合から自己変動成分を除いた第3部分空間を生成し、この生成した第3部分空間を前記制約部分空間とすることを特徴とする請求項1記載のパターン認識装置である。

(25)

$$\sum_{k=1}^m \alpha_k = 1.0$$

生成行列Gの固有値は、0.0~1.0に分布する。

0.0に対応する固有ベクトルは共通空間に完全に直交する空間を形成する基底ベクトルとなる。1.0に対応する固有ベクトルは、共通空間を形成する固有ベクトルである。これ以外の固有値に対応する固有ベクトルは、固有値の大きさが共通空間との近さを表す指標になっている。ここでは、固有値が0より大きい固有ベクトルを共通空間Dを張る基底ベクトルとする。また、パラメータ α を調整することにより、各部分空間の重みを変えることができる。

【0059】この差分部分空間は、2つの部分空間が同じ照明条件で生成されているため、照明変動成分を含まない。よって、この部分空間を制約部分空間とすれば照明変動成分の影響を抑えた識別を実現することができ、安定性には、照明変動は主に傾、傾傾域に影響を及ぼすため、この領域の情報を無視することで照明変動に対するロバスト性が向上する。

【0060】また、差分部分空間は、他人との違いを強調して類似した人物同士に対する識別分解能を向上させる効果がある。目、口、鼻など他人との差が最も顕著な領域のバターン情報を重視して、逆にほぼや顔領域などの他人との区別には有効でないバターン情報は無視

このためには、差分部分

空間Dと自己変動部分空間Sの直交部分空間(差分部分空間)S[⊥]との共通部分空間を求め、
は良い。求めた共通部分空間を新しい制約部分空間とする。

$$L = D \cap S^{\perp} \quad (26)$$

$$S^{\perp} = I - S \quad (27)$$

ここでSは部分空間Sの射影行列、Iは単位行列を示している。

【0066】制約部分空間Lは、以下に示す生成行列GLの0より大きい固有値に対応する固有ベクトルが張る部分空間として求まる。

【0067】

【教13】

$$G_L = \alpha D + \beta S^{\perp} \quad (28)$$

$$\alpha + \beta = 1.0 \quad (29)$$

ここで、重み係数 α 、 β は正の実数である。

【0068】または文献「エルンツキ・オヤ著：「バターン認識と部分空間法」産業図書(1986)」に述べてある2つの部分空間を直交化する方法を用いて、差分部分空間と自己変動部分空間を直交化すれば良い。

【0069】あるいは、参考文献「エルンツキ・オヤ著：50

* 視されることになる。

【0061】差分部分空間は、各人物毎に準備しても良い。この場合は、当人と他人との差分部分空間の共通部分空間がその人物固有の部分空間となる。各自に対して異なる差分部分空間が準備されることになる。

【0062】なお、部分空間に対する各操作に関する詳細は、文献「エルンツキ・オヤ著、小川英光、佐藤誠、"バターン認識と部分空間法"産業図書、1986]あるいは「Therrien, C.W., "Eigenvalue properties of projection operators and their application", IEEE Trans. Comput., C-24, p. 944-948, 1975]に詳しい。

【0063】(自己変動部分空間) 同一人物の変形を表現する部分空間を「自己変動部分空間」と呼ぶ。自己変動部分空間Sは、各人物の部分空間の第2基底ベクトル以降が張る部分空間の共通部分空間として定義される。

【0064】(差分部分空間と自己変動部分空間の組み合わせ) 差分部分空間と自己変動部分空間との相関は高まり、差分部分空間から自己変動成分に近い部分空間を取り除くことができれば、さらに識別性能が向上する。

【0065】

【教12】

を示すブロック図である。顔画像認識装置10は、画像入力部11、顔領域抽出部12、顔特徴点抽出部13、正規化画像生成部14、部分空間生成部15、部分空間射影部16、制約部分空間射影部17、相互部分空間類似度計算部18、辞書部分空間射影部19、判定部20、表示部21からなる。

【0073】図2は、予めオフラインで行う辞書部分空間生成の流れを示している。

【0074】図3は、制約相互部分空間法の概念を示している。

【0075】そして、この顔画像認識装置10は、ITVカメラをパソコンに接続してその機能を実現できる。この場合に、顔領域抽出部12、顔特徴点抽出部13、正規化画像生成部14、部分空間生成部15、部分空間射影部16、相互部分空間類似度計算部18、判定部20の各機能を実現するプログラムをFD、CD-ROM、M、DVDなどの記録媒体に記録させておき、それをパソコンに記憶させれば良い。

【0076】(画像入力部11) 画像入力部11は、顔対象となる人物の画像を入力するためのものであり、例えばITVカメラからなる。この画像入力部11から入力された画像01はA/D変換器によりデジタル化されて顔領域抽出部12に送られる。例えば、ITVカメラはモニタの下側に設置される。あるいはモニタの四角に設置しても良い。

【0077】(顔領域抽出部12) 顔領域抽出部12は、画像入力部11から送られてきた入力画像から顔領域02を常時抽出し続ける。

【0078】本実施例では、予め登録された標準顔画像(テンプレート)を全面に渡って移動させながら相関値を計算し最も高い相関値をもっている領域を顔領域とする。相関値が設定されたしきい値より低い場合は、顔が存在しないとする。顔の向き変化に対応する為に部分空間法や複合類似度などにより複数のテンプレートを用いるとともに安定に顔領域を抽出できる。この処理はカメラ情報に基づく抽出法に置き換えて良い。

【0079】(顔特徴点抽出部13) 顔特徴点抽出部13では、抽出された顔領域内から瞳、鼻、口輪などの特徴点を抽出する。形状情報とバターン情報を組み合わせる方法(特開平8-61463号)が適用可能である。

【0080】この方法の基本的な考えは、位置相関の高形状特徴により特徴点の候補を求め、それをバターン照合で検証するというものである。本方法は形状情報により位置決めを行なうもので高い位置精度が期待できる。

【0081】また、候補群からの正しい特徴点の選択に、マルチテンプレートを用いたマッチングを適用して、いる為の特徴点の形状相関の変動に対してロバストである。処理速度に関しては、計算コストの少ない分度度フィルタで絞り込んだ候補に対してのみバターン照合するので全体をバターン照合する方法に比べ計算量の大幅

な削減が実現できる。この他にも、エッジ情報に基づく方法(坂本静生、宮尾陽子、田島隆二、"顔画像からの目的特徴点抽出"、信学誌D-11, Vol. J76-D-11, No. 8, pp. 1796-1804, August, 1993)、[A. L. Yuille, "Feature extraction from faces using deformable templates", IJCV, vol. 8:2, pp. 99-111, 1992]や固有空間法を用いたEigen feature法[Alex Pentland, Richard Moghaddam, Theodor Sternberg, "View-based and modular eigenspaces for face recognition", CVPR '94, pp. 84-91, 1994]、カラー情報(佐々木努、赤松茂、末永康仁、"顔画像認識のための色情報を用いた顔の位置合わせ法"、IE91-2, pp. 9-16, 1991)に基づく方法が適用可能である。

【0082】(正規化画像生成部14) 正規化画像生成部14では、特徴点を基準にして正規化を施す。例えば、文蔵(山口修、堀井和広、前田賢一、"顔画像を用いた顔認識システム"、信学技報, PRM97-50, pp. 17-24, 1997)に示された瞳、鼻穴を基準にした正規化処理を適用しても良い。この場合は、両瞳を結んだベクトル、及び鼻穴の中心と瞳中心を結んだベクトルの方向を、それぞれ水平、垂直に変換し、その長さを一定になるようにアフィン変換を施す。

【0083】(部分空間生成部15) 部分空間生成部15では、正規化画像生成部で逐次生成される正規化画像をヒストグラム平均化、ベクトル長正規化を施した後でメモリに蓄える。予め規定された枚数の正規化画像が蓄えられたら、入力部分空間の生成を開始する。部分空間を逐次生成するために、同時反復法(エルンツキ・オヤ著、小川英光、佐藤誠、"バターン認識と部分空間法"、産業図書、1986年)を適用する。これにより新しい正規化画像が入力される毎に部分空間が更新されてゆく。

【0084】なお、入力部分空間を生成するまでの処理についての詳細は、特許「人物認証装置及び人物認証方法：特開平9-251534号)及び文献「山口修、堀井和広、前田賢一、"顔画像を用いた顔認識システム"、信学技報, PRM97-50, pp. 17-24, 1997]に詳しい。

【0085】(部分空間射影部16) 部分空間射影部16では、部分空間生成部15で生成された入力部分空間P_{in}を制約部分空間射影部17に格納された制約部分空間P_上へ射影した部分空間P_上を以下の手順により求める。

【0086】1. 部分空間P_上を張るm個の基底ベクトルを制約部分空間P_上へ射影する。

【0087】2. 各射影ベクトルの長さを正規化する。

【0088】3. m個の正規化ベクトルに対してグラムシユミットの直交化を施す。

【0089】4. 直交化されたm個の正規化ベクトルが射影部分空間P_上の基底ベクトルとなる。

【0090】各部分空間の次元はデータの種類に応じて実験的に決める。例えば差分部分空間の次元数は70、自己変動部分空間の次元は20次元、入力部分空間の次元は5次元と設定する。重みパラメータに関しては同様の実験的に決める。例えば $\alpha = 0.7$ 、 $\beta = 0.1$ などと設定する。

【0091】辞書部分空間格納部19に格納された人物iの辞書部分空間 I_i は、各人物に対応する部分空間 I_i を制約部分空間へ射影した部分空間としてオフライン処理で部分空間射影部16により求めておく。この手順を図2に示す。

【0092】(相互部分空間類似度計算部18) 相互部分空間類似度計算部18では、入力部分空間 P_{in} と辞書部分空間格納部19に格納された人物iの辞書部分空間 I_i 、 i 間の最大 $\cos^2 \theta$ を式(13)より求める。あるいは、2番目、3番目の固有値を考慮した類似度を求めても良い。例えば、N番目までの固有値の荷重平均や乗和、あるいは固有値の分布自体をベクトルと見なして類似度とすることもできる。この類似度を辞書登録されているm人に対して求める。

【0093】(判定部20) 判定部20では、m人の中で最も類似度が高く、その値が予め設定されたしきい値より大きい場合、対応する人物iを本人と判定する。この場合、第2候補以降の類似度も考慮して決定しても良い。例えば、第2候補との類似度の差がしきい値より小さい場合は不確定とすることができる。

【0094】(表示部21) CRT、スピーカなどの表示部21では、識別結果を画面に表示したり音声で知らせる。

【0095】(制約部分空間の生成) ここでは、差分部分空間と自己変動部分空間の生成手順について説明する。

【0096】(1) 各人物の部分空間生成

経年変化の影響を監視する制約部分空間も同様に生成できる。ある人物iの時系列 $d_{i,12}$ に生成した部分空間を $P_{i,1}, P_{i,2}$ とする。 $P_{i,1}$ と $P_{i,2}$ との部分部分空間 $D_{i,1-m}$ を求める。m人の差分部分空間の共通部分空間を経年不変部分空間 M^1 とする。経年不変部分空間は、経年変化によって生じる量などの本人識別に不変なパターン特徴を取り取り取り果がある。

制約部分空間に経年不変部分空間も追加することができる。この場合の制約部分空間は、式(29)に参り以下の生成行列の固有ベクトルで張られる。

$$G_i = \alpha D + \beta S^1 + \gamma M^1 \quad (30)$$

$$\alpha + \beta + \gamma = 1.0 \quad (31)$$

ここで、重み係数 α, β, γ は正の実数である。

【0103】さらに、3つ以上の制約部分空間の統合も

以下式により容易に行える。

$$G^* = \sum_{i=1}^n \alpha_i L_i \quad (32)$$

$$\sum_{i=1}^n \alpha_i = 1.0 \quad (33)$$

ここで、 α は正の実数、 $L_i, i=1, n$ は制約部分空間 L_i に対応する射影行列を表している。

【0105】(前処理の併用) 本実施例では、TVカメラから得られる顔面画像を対象とする例について説明した。

【0106】既に述べた様に、本発明において、入力パターンの種類に関する制限は無い。顔面画像から直接生成した差分部分空間は照明変動の影響が多少残っていると思われるので、濃淡情報を照明変動の受け難い特徴量に変換した後、本発明を適用すれば、さらに識別性能向上が期待できることは容易に類推できる。例えば、文獻(赤松茂、佐々木努、深町映夫、末永廣仁、"濃淡画像マッピングによるロバストな正面顔の識別法—フーリエスペクトルによるKL展開の応用—", 信学論(0-1) 7, pp. 1363-1373, 1993)に述べられてある様に、濃淡画像から生成したフーリエスペクトルパターンを入力としても本発明の効果が増す。

【0107】(情報フィルタリング処理への適用) 図7は、キーワードを使ってデータベース検索を行う情報フィルタリング装置100に関する構成図である。

【0108】情報フィルタリング装置100は、プロフィール部101、部分空間生成部102、部分空間射影部103、制約部分空間格納部104、類似度算出部105、辞書部分空間格納部106、判定部107から構成される。

【0109】情報フィルタリングでは、ユーザの関心や興味を記述したプロフィールとの類似度を算出し、類似度順にランキングする。

【0110】ここで類似度の算出は、ベクトル空間法をベースに行う(注田一男他、情報フィルタリング技術、東芝レビュー、Vol. 51, No. 1, pp. 42-44(1996))。

【0111】本実施例では、一つのプロフィールを一つの部分空間に対応させる。このためには、データ全体を一度にベクトル化するのではなく、ある規則で区切られたデータ、例えば、毎週のデータに対してベクトル化を行う。算毎に得られたベクトル群から部分空間を生成する。なお類似度は部分空間と部分空間の成す角度から得られる値とする。

【0112】プロフィール入力部101に入力されたプロフィールは、部分空間生成部102において部分空間に変換される。入力部分空間は、部分空間射影部103において制約部分空間格納部104に格納された制約部分空間上に射影される。

【0113】射影された入力部分空間は、類似度算出部

105に送られて辞書部分空間格納部104に格納された辞書部分空間との類似度が相互部分空間法により求められる。

【0114】類似度は判定部107に送られて入力プロフィールがどのプロフィールに近いかを判定する。

【0115】本実施例で用いる制約部分空間は、予め生成された複数の部分空間に対して、以下の手順により生成する。

【0116】1. 異なるプロフィールとして分類すべき2つの部分空間の差分部分空間を全ての組み合わせに対して求める。

【0117】2. 求めた差分部分空間から共通部分空間を求め、この求めた制約部分空間1とする。

【0118】3. 同じプロフィールと分類したい2つの部分空間の差分部分空間を全ての組み合わせについて求める。

【0119】4. 求めた差分部分空間の共通部分空間を求めて、さらにこの共通部分空間と直交する部分空間を制約部分空間2とする。

【0120】5. 制約部分空間1と制約部分空間2を組み合わせた部分空間を最終的な制約部分空間とする。

【0121】上記の制約部分空間を用いることにより、精度の高いキーワードを選択しても、自動的にこれらの影響を取り除いて安定なデータベース検索が行える。

【0122】なお、本発明は、上記の顔面画像パターンに際以外に、音声パターン、情報フィルタリングにおけるプロフィールパターンなどあらゆるパターン情報に対しても成り立つ。

【0123】

【発明の効果】以上、本発明によれば、パターン情報を取得する際に混入する識別に不必要な情報を効率よく取り除いてパターン認識を安定に行うことができる。特に、顔面認識に適用すると、高い変形吸収能力と照明変動に対する高いロバスト性が実現できる。

【図面の簡単な説明】

【図1】顔面画像認識装置100の構成図である。

【図2】辞書部分空間の生成手順の説明図である。

【図3】制約部分空間の生成手順の説明図である。

【図4】差分部分空間の生成の説明図である。

【図5】自己変動部分空間の生成の説明図である。

【図6】複数の制約部分空間の統合の説明図である。

【図7】情報フィルタリング装置の構成図である。

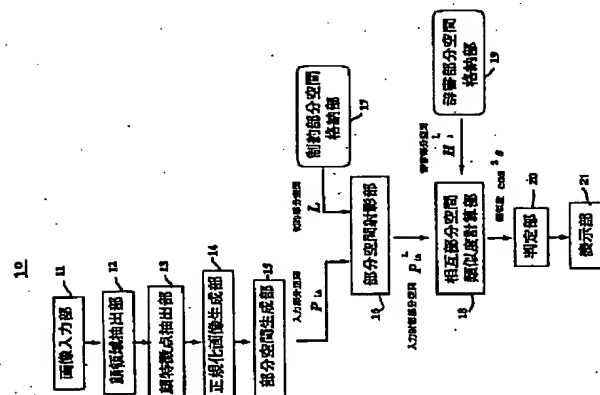
【符号の説明】

50 11 画像入力部

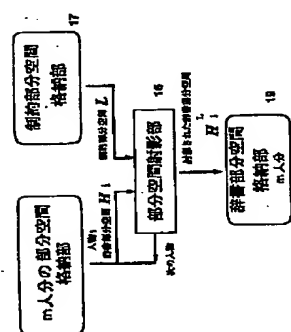
- 12 領域抽出部
- 13 特徴点抽出部
- 14 正規化画像生成部
- 15 部分空間生成部
- 16 制約部分空間格納部

- 17 辞書部分空間格納部
- 18 部分空間射影部
- 19 相互部分空間計算部
- 20 判定部
- 21 表示部

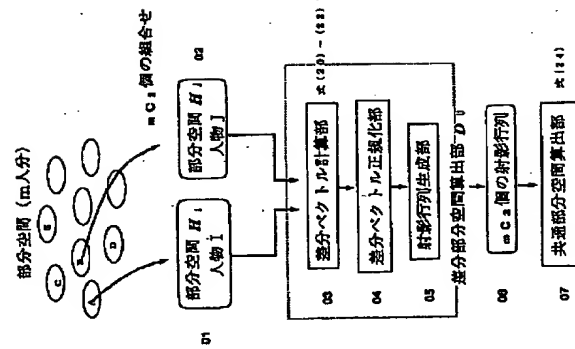
【図1】



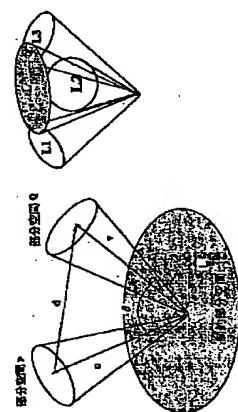
【図2】



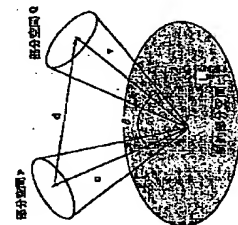
【図4】



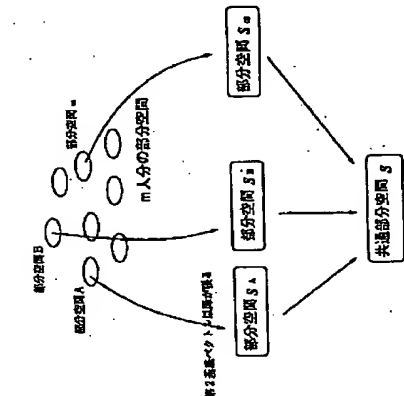
【図3】



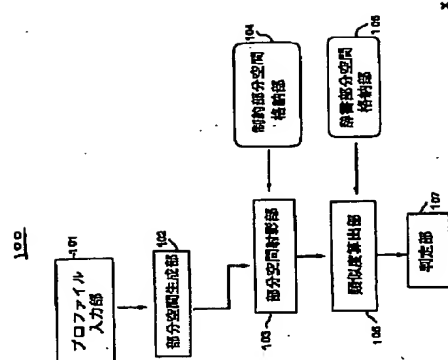
【図6】



【図5】



【図7】



フロントページの続き

(72)発明者 鈴木 薫

兵庫県神戸市東灘区本山南町8-6-26

株式会社東芝関西研究所内

(72)発明者 前田 賢一

兵庫県神戸市東灘区本山南町8-6-26

株式会社東芝関西研究所内

Fターム(参考) 5B043 B404 E404 E411 G401 H402

5B057 A420 B402 B429 C401 C409

DA07 DA11 DA16 DC19 DC33

5L096 BA18 CA02 EA13 EA35 FA25

H408 JA03